图书情报工作
第66卷 第8期 2022年4月

先验知识差异对协同信息搜索和学习效果的影响研究*

■ 姜雪 李雨佳 张元哲 刘畅
北京大学信息管理系 北京 100871

摘 要:[目的/意义]探究先验知识差异水平不同的组别在搜索交互行为、协同体验以及学习效果方面的差异,以丰富对协同信息搜索行为的认知,并为现实情境下的协同搜索学习提供建议。[方法/过程]研究采用用户实验法,设计理解型与评价型两种搜索任务,通过录屏记录交互行为,结合问卷收集协同体验数据,思维导图记录协同搜索前后知识状态及改变。采用方差分析、Kruskal Wallis 检验等方法进行数据分析。[结果/结论]研究发现:在搜索交互行为方面,包含先验知识水平较高者的小组使用检索式数量多于同质低水平的小组;在协同搜索体验方面,先验知识水平相近的小组对自身任务完成度的评价更高;在知识状态改变方面,同质低水平组知识广度的增长显著多于其他两组,但在质量方面,搜索后各组别之间的差异较小。最后本研究对于搜索系统如何提高用户协同搜索体验和学习效果提出改进建议。

关键词:协同信息搜索 知识状态改变 学习型搜索
分类号:G252.7
DOI:10.13266/j.issn.0252-3116.2022.08.004

1 概述

随着信息技术的发展,网络搜索成为人们学习和生活中获取信息的重要途径。搜索系统促进了搜索与学习之间的重叠,使得搜索与学习的距离越来越近[1]。因此,如何帮助人们更好地在搜索中学习成为重要议题,"搜索即学习"成为一个持续性的研究热点。有学者将搜索视为学习的工具,也有学者将搜索视为学习的过程[2]。在"搜索即学习"的话题之下,有研究发现通过网络进行学习活动更能激发学生学习的积极性,并由此对学生学习过程中涉及的搜索系统、情境等要素展开探讨分析[3-4]。在不同情境变量中,协同搜索情境受到越来越广泛的关注[5]。协同搜索属于社会化搜索,具体指由多人共享一个信息需求,并通过合作努力满足这一需求[6]。协同信息搜索的过程中团队间如何协同搜索,以及搜索系统如何优化以帮助提高协同效率和学习成果,都是需要考虑的重要问题。

本研究探索在日常的学习情境下,小组内先验知识水平差异对协同搜索和学习效果的影响。在大学生的日常学习生活中,短期的协作任务很常见,如大学课堂围绕某个主题进行小组展示、为小组期末作业考虑选题等。这些任务需要通过协同搜索收集相关信息,通过讨论与思考进行学习。小组成员的构成往往具有随机性,组内成员先验知识水平的差异程度不同,协作过程与效果也可能因此产生差异。目前对协同搜索行为的研究往往聚焦于分析合作模式与交流内容[7],协同搜索行为中体现出的情感[8]以及协同搜索体验[9],但较少探讨影响协同信息搜索学习效果的具体因素,特别是搜索前组员间的先验知识水平差异对于协同搜索效果和学习效果的影响。因此本研究希望探究在较短期的学习型搜索任务中,依据先验知识水平差异进行分组形成的不同组别在交互行为、协作体验、搜索任务完成的学习效果方面存在哪些差异,以丰富对协同信息搜索行为的研究。

2 文献回顾

本研究涉及3个主题的相关文献,具体包括学习型搜索、协同信息搜索及知识状态改变。学习型搜索是"搜索即学习"主题下重点关注的一种搜索任务类型,指的是用户以学习为目的,通过搜索系统收集、分

* 本文系国家社会科学基金一般项目"学习型搜索中用户交互行为与学习效果关系研究"(项目编号:18BTQ090)和北京大学教育大数据研究项目"基于自我调节学习理论的网络学习平台系统优化研究"(项目编号:2020YBC06)研究成果之一。
作者简介:姜雪,本科生;李雨佳,本科生;张元哲,本科生;刘畅,副教授,博士,博士生导师,通信作者,E-mail:imliuc@pku.edu.cn。
收稿日期:2021-06-28 修回日期:2021-11-22 本文起止页码:32-41 本文责任编辑:徐健

析、评估和使用信息，最终完成学习任务的搜索活动[2]。相关研究主要关注学习型搜索中的学习行为特征、过程特征及影响因素。S. Ghosh 等考察了在学习型搜索任务中不同认知复杂度水平下的搜索行为、用户感知的学习过程与结果的差异，并探究了与学习相关的不同行为[10]。刘畅等立足于用户搜索过程中的学习行为及学习过程，通过分析用户的信息记录行为特征，揭示用户的记录策略及学习行为特征[11]。在搜索行为数据收集方面，刘涵蕊等认为，考虑到学习型任务的独特性，可以参考搜索、阅读、记录的分类方式分别对每个分类下的协作行为进行细化后展开分析[12]。而就学习型搜索的未来研究展望，韩爽等肯定了学习型搜索研究对检索系统、用户体验改善的重要意义[13]。

协同信息搜索指"一组或一类人确定并解决共享的信息需求的一系列活动"[14]。在协同信息搜索方面，学者主要研究了协同信息搜索过程中的搜索行为、协作方法、协作体验及其影响因素；进一步地，部分学者探索独立搜索与协同搜索在搜索与协作方面存在的差异。Z. Yue 等使用自主开发的 CollabSearch 系统开展实验，探究了协同搜索过程中用户搜索行为的分布与转换[15]。同时，Z. Yue 等对比了工作与休闲两种任务情境下，协同搜索与个体搜索所使用的检索式特点，发现在协同搜索中，检索式更加多样化，用户更多地使用新的、专业化的检索式[16]。C. Leeder 等的研究重点探讨了大学生在面对课业任务情境下的协同信息搜索行为，并进一步比较协作模式和单人模式下的搜索结果、搜索效率与体验[17]。张璐等的研究基于书籍交互检索平台，比较协同搜索与独立搜索在搜索行为和搜索体验方面的差异[9]。后续又对协同搜索过程中的用户交流内容与模式进行了更为深入的挖掘，尤其是研究中所设计的针对交流内容的编码系统，为协同交流的分析提供了启示[7]。最后，在实验平台的选取方面，张敏等聚焦在线旅游协同信息检索，选择 SearchTeam 协作平台并允许被试线上交流[18]。该研究选取在线协作平台为实验平台，为本研究提供方法层面的启发。

总体来看，虽然目前针对学习型搜索和协同信息搜索的研究较为丰富，但是将协同信息搜索放在学习型搜索情境下进行考察的研究并不多。本研究以学习型协同信息搜索为情境，探究先验知识水平差异对协同信息搜索行为和搜索体验的影响，据此提出如下两个研究假设：

H1：先验知识水平差异不同的小组在协同搜索交互行为方面存在显著差异。

H2：先验知识水平差异不同的小组在协作体验方面存在显著差异。

在搜索后学习效果方面，即知识状态改变方面，已有研究探索了搜索前后知识状态改变的影响因素，并探讨了衡量知识状态改变的方法。C. Leeder 与 C. Shan 的研究以小组学习项目为背景，通过实验得到学生对小组作业的先验态度与经验对搜索结果的质量有显著影响[19]。J. Liu 等的研究聚焦信息搜索者在完成信息任务的过程中主题知识水平的变化，并发现任务类型会影响知识水平和知识变化的程度[20]。N. Bhattacharya 和 J. Gwazdka 探究了交互变量、眼动追踪变量和知识状态改变之间的关系，并进一步延伸到学习型搜索过程中搜索努力与学习效果，即知识状态改变之间的关系[21]。宋筱璇等采用用户实验法，从知识数量与质量两个维度对用户搜索前后的知识水平的变化进行评估，为学习型搜索的学习效果评估提供了可参考的工具[22]。L. Xu 等探讨了多种影响协同搜索知识状态改变的因素，发现性别、年龄对协同网络搜索过程中用户知识增益的影响不显著；同时通过构建多元线性回归模型，发现用户的教育水平与领域知识的交互作用对用户知识增益有显著影响，领域知识低、接受高等教育的用户知识增益水平显著高于未接受高等教育的用户[5]。在知识状态的测量方法上，已有研究尝试了思维导图（H. Liu 等；C. Liu 等）[23-24]、客观题项（U. Gadiraju 等）[25]、主观题项（韩正彪等）[26]、主观客观题结合（K. Collins 等）[27]等四类方法。H. Liu 等的研究采用思维导图的方法测度知识状态，提出一套能够系统地表征被试者的知识状态与结构的变化的编码规则[24]。这种方法易于操作，与本研究的研究目标相符，故本研究也采用基于思维导图的测度与编码方法。据此提出本研究的研究假设：

H3：先验知识水平差异不同的小组在搜索后的学习效果上存在显著差异。

3 研究方法

本研究采用用户实验法，通过控制各组参与者间的先验知识水平差异来验证本研究提出的假设。本节介绍参与者招募情况、实验系统选择以及整体实验流程，并介绍自变量与因变量的具体评估指标与操作化方式。

3.1 参与者招募情况与实验系统选择

本研究通过在北京大学各院系微信群中发放网络

问卷，招募对本实验感兴趣的学生，并对他们的先验知识水平进行初步测量，并依据性别均衡、院系均衡、先验知识水平差异等筛选参与者。最终招募到来自信息科学与工程科学部、社会科学学部、人文学部的 24 名大学生，其中男生 11 名，女生 13 名，并按照先验知识水平进行分组，2 人一组共分为 12 组，其中“同质高水平组”“同质低水平组”“异质组”各 4 组。具体分组情况如表 1 所示：

表 1 依据成员先验知识水平形成的分组情况

组别	组别编号	小组组员编号及得分
同质高水平组（两位小组成员先验知识水平均高于 27.5 分）	同质高水平组 1	3 号（33 分），4 号（33 分）
	同质高水平组 2	7 号（32 分），8 号（36 分）
	同质高水平组 3	19 号（34 分），20 号（39 分）
	同质高水平组 4	22 号（34 分），23 号（32 分）
异质组（一位小组成员先验知识水平低于 27.5 分，一位高于 27.5 分）	异质组 1	9 号（30 分），10 号（16 分）
	异质组 2	11 号（36 分），12 号（20 分）
	异质组 3	16 号（20 分），18 号（50 分）
	异质组 4	21 号（18 分），24 号（38 分）
同质低水平组（两位小组成员先验知识水平均低于 27.5 分）	同质低水平组 1	1 号（18 分），2 号（22 分）
	同质低水平组 2	5 号（22 分），6 号（26 分）
	同质低水平组 3	13 号（26 分），17 号（27 分）
	同质低水平组 4	14 号（19 分），15 号（21 分）

在实验过程中，每组两个参与者同时来到实验室，每个参与者使用一台电脑，电脑使用 Window 操作系统，整个搜索过程通过 Windows 自带录屏功能进行记录。实验中参与者使用 Chrome 浏览器、百度搜索引擎进行搜索。使用 ProcessOn（https://www.processon.com/）作为用户的协作平台。ProcessOn 是在线作图工具的聚合平台，可以在线绘制思维导图、流程图、UI 原型图等，支持将作品分享给协作者，协作者可以阅读、编辑与评论。在本实验中主要使用 ProcessOn 绘制思维导图的功能，每次参与实验的两位参与者使用统一建立的两个独立账号，在每个任务前独自绘制思维导图，任务中使用协同绘制功能共同完成一幅思维导图的绘制。

3.2 实验流程及搜索任务设计

实验开始前，研究者首先向参与者介绍实验流程，帮助参与者熟悉 ProcessOn 的使用方法。实验过程中，每组参与者需要完成两个以“人工智能”为主题的任务。参考 L. W. Anderson 等对学习过程中认知的分类：记忆－理解－应用－分析－评价－创造[28]。本研究去除了认知复杂性最高的创造层次，设置了“理解型”和“评价型”两种类型的任务。其中理解型任务属于认知层次较低的任务，完成理解型任务需要经历“记忆－理解”的过程；评价型任务是认知层次较高的任务，完成评价型任务需要经历“记忆－理解－应用－分析－评价”的过程。为了更好地模拟真实工作任务，更全面、科学地进行协同搜索效果评估，本研究将实验任务设计为仿真工作任务[29]，在实验过程中，为用户提供一个模拟仿真的工作任务情境，以引导其在一定的任务情境中思考如何通过与协作者和系统的交互获取有用信息。李月琳等的研究验证了仿真工作任务替代真实工作任务用于信息检索系统评估及用户信息搜索行为研究的有效性[30]。具体任务内容如表 2 所示：

表 2 搜索任务具体内容

任务一：理解型	假设你们要合作完成一个有关人工智能的小组课题，请尽可能全面地查询人工智能的发展历史、应用领域以及相关争议
任务二：评价型	在调研人工智能课题时，你们发现近年来“刷脸支付”是人工智能领域的一个热门话题，关于刷脸支付的争议也有很多，请查询刷脸支付的优势与弊端，探讨刷脸支付在中国能否普及（最终需要得出“是/否”的结论）

在搜索开始之前，每个参与者阅读理解型任务的相关要求，并根据自身认知使用 ProcessOn 绘制思维导图。个人思维导图绘制完成后，每组的两个参与者协作完成理解型任务，在协同搜索相关信息的同时在 ProcessOn 上合作完成一幅思维导图的绘制。任务完成后发放任务后问卷，对协同体验进行自我评估，具体包括任务完成度、任务难度、任务熟悉度、搜索体验以及知识改变。然后两名参与者依据同样的流程完成评价型任务。由于理解型任务和评价型任务在认知复杂性上具有递进关系，因此本实验没有进行任务次序的轮换。

3.3 自变量的评估指标与操作化

本研究的自变量是依据组内成员先验知识水平差异形成的不同的分组方式，具体而言包括“同质低水平

组”“异质组”“同质高水平组”3 种分组方式。

在测量小组成员的先验知识水平时,本研究采用用户自评的方法,使用关键词自评与综合自评两种方法。在关键词自评部分,本研究以“人工智能”为主题,选取 10 个人工智能领域的重要关键词(10 个关键词分别是:自然语言处理、机器学习、模式识别、神经网络、复杂系统、遗传算法、机器视觉、人脸识别、数据挖掘、强/弱人工智能。关键词首先通过机器之心编译团队整理的翻译词汇“红宝书”进行初步筛选,然后交予多位信息科学技术学院智能系高年级学生进行复核,最终确认。),以五点量表的形式让用户进行自评;在综合自评部分,直接询问参与者对人工智能的整体了解程度,同样以五点量表的形式呈现。两部分每题均为 5 分,共 11 题,满分 55 分,以 27.5 分为分界线,分界线之下为先验知识水平较低,之上为先验知识水平较高。在具体分组上,本研究参考教育学领域的“异质分组”与“同质分组”理念。所谓异质分组,就是把学习成绩、能力、性别、甚至性格、家庭背景等方面不同的 2－8 名学生分在一个合作小组内[31],同质分组则与之相反。通常认为,与同质分组相比,异质小组的成员之间存在一定的互补性,有利于互助合作[32]。因此,本研究按照先验知识水平“高－高”“低－低”“高－低”两两配对划分为“同质高水平”组、“同质低水平”组、“异质”组。t 检验的结果显示,先验知识水平较低的 12 位参与者的分数显著高于先验知识水平较高的 12 位参与者($t = -7.876, p < .000$)。

3.4 因变量的评估指标与操作化

本研究涉及到 3 个关键的因变量,即交互行为、协同体验以及知识状态改变。

3.4.1 交互行为

在交互行为方面,本研究关注用户在协同搜索过程中的检索、浏览情况以及协作情况,选取如表 3 所示的指标用以描述交互行为:

表 3 交互行为指标选取及操作化

交互行为指标	操作化
任务时长	进入协作思维导图到协作思维导图绘制完成的时间
人均检索式个数	每组两人检索式数量的均值
检索式平均长度	每组两人所有检索式长度 ÷ 所有检索式个数
人均查看内容界面个数	每组两人查看页面数量的均值
查看每个内容界面平均时间	每组两人查看页面的时间 ÷ 查看页面个数
决策贡献率差值	计算公式见下文

通过观看实验录屏发现部分小组存在一方主导的情况,相反地,部分小组在交流与绘制思维导图时两位合作者贡献比较均衡。因此本研究定义指标“决策贡献率差值”来了解合作中二人对思维导图做出贡献的差异,并希望进一步探究先验知识差异不同的组别在决策贡献率差值上是否也会存在差异。具体计算方法为:

$$决策贡献率差值 = \left| \frac{组员 1 的总决策次数 - 组员 2 的总决策次数}{组员 1 和组员 2 的决策次数总和} \right| \quad 式(1)$$

3.4.2 协同体验

本研究对协同体验的评估主要包括任务完成度、任务难度、任务熟悉度、知识改变程度以及搜索体验 5 个维度,以五点量表的形式自评(从 1 至 5 程度逐步递升),每项计算每组两个人评分均值,然后将 5 项评分加总构成协同体验的评分。

关于协同体验的评估方式,本研究参考了以往学者对于用户体验的定义与分析。例如,E. L. C. Law 等通过对 275 名研究者和用户体验实践者的调查报告,通过归纳与总结用户体验定义的几种形式,认为用户体验具有动态性、环境依赖性和主观性的特点[33]。由于用户体验本身具有主观性,本文采用自评的方式对参与者的协作体验进行评估是合理的。

3.4.3 知识状态改变

在知识状态改变方面,本研究参考宋筱璇等的分析框架,从知识数量与知识质量两个维度评估知识状态的变化[22]。在数量方面,本研究从深度和广度两个层面对小组整体知识状态的增长进行定量分析,具体指标包括知识状态最大值增量、知识深度平均值增量以及知识广度增量;在质量方面,从知识相关性、用户观点、知识分析程度 3 个维度对思维导图的节点质量进行评估。其中质量评估过程中,采用两个编码者独立编码的方式对与质量相关的 3 个指标进行编码,两个编码者的一致性强(Kappa = .84)。通过计算两位编码者的平均值解决编码不一致的情况。请补充一句话引出表 4。

需要说明的是,层级最大值即思维导图中最小分支的所处层级。三级后平均层级的计算方式如下:

$$三级后平均层级 = \frac{三级后所有节点的层级之和}{由三级节点开始的思维路径总个数} \quad 式(2)$$

表 4 知识状态改变指标选取及操作化

知识状态改变指标		操作化
知识状态数量改变指标	知识状态最大值增量	协同搜索后层级最大值 – 协同搜索前层级最大值
	知识深度平均值增量	协同搜索后三级后平均层级 – 协同搜索前三级后平均层级
	知识广度增量	协同搜索后三级及以后节点数 – 协同搜索前三级及以后节点数
知识状态质量改变指标	知识相关性得分	针对每张思维导图,对三级及三级以后节点进行赋分: 0:回答了和任务完全不相关或是没有提供什么有用的信息; 1:对于完成任务提供了有用的信息; 取得分之和为知识相关性得分
	用户观点得分	针对每张思维导图,对三级及三级以后节点进行赋分: 0:没有提出用户个人的看法或观点; 1:提出了用户个人的看法或观点; 取得分之和为用户观点得分
	知识分析程度得分	针对每张思维导图,对三级及三级以后节点进行赋分: 0:未对观点或问题进行分析; 1:对观点和问题进行了分析; 取得分之和为用户观点得分

以图 1 为例,该思维导图的层级最大值为 4,三级后平均层级为三级后所有节点的层级之和 = 4(层级数)×6(该层级节点数)÷15(三级节点开始的思维路径总个数)= 1.6,因此其三级后平均层级为 1.6。

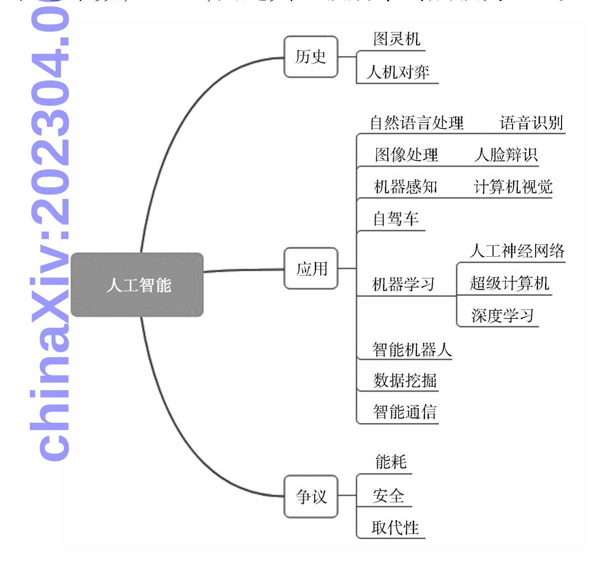


图 1 "异质 – 2"组 11 号参与者在搜索前独立绘制的人工智能领域思维导图

4 研究结果

4.1 先验知识水平差异对搜索交互行为的影响

本研究发现先验知识差异对搜索交互行为相关指标没有显著影响。以任务类型为调节变量,对交互行为相关的指标进行方差分析。发现在评价型任务的情境下,先验知识差异不同的组别查看每个内容界面的平均时间在 0.01 的显著性水平上存在差异,见表 5。

评价型任务中,同质高水平组的人均检索式数量显著多于同质低水平组,$p < 0.001$;异质组人均检索式数量显著多于同质低水平组,$p < 0.05$。进一步查看每组的具体检索式发现,先验知识高的参与者会使用多个更具体、更专业的检索式(如"自然语言生成""深度学习 transformer"),而先验知识较低的参与者更多会使用任务题目中提及的检索式(如"AI 发展历史""刷脸支付")。参与实验的 12 个小组中,成员贡献率分布为 0% – 100%;贡献率差值分布为 2% – 100%。各个组别在贡献率差值上没有体现出明显的规律性。单因素方差分析的结果显示,同高、同低与异质三个组别的协作贡献率差值没有显著差异($F = .136, p = .874$)。

4.2 先验知识水平差异对协同体验的影响

在协同体验的各个指标中,任务完成度、知识改变程度、搜索体验的最高均为同质低水平组。表 6 展示了各组的搜索体验的均值和 Kruskal Wallis 检验的结果。分析发现,在 0.05 的显著性水平下,各组别之间在任务完成度和知识改变程度方面存在显著差异,在其他指标上的差异在统计意义上不显著。

进一步事后检验发现,在任务完成度方面,同质高水平组与同质低水平组显著高于异质组($p < 0.05$)。在知识改变程度方面,同质低水平组与异质组显著高于同质高水平组($p < 0.05$)。由此可见,三个组别在任务完成度和知识改变程度的体验存在着较大的差异,具体而言,同质高水平组对自身任务完成度和知识改变程度的评价都较高;同质低水平组认为自身任务完成度高,但是知识改变程度低;异质组认为自身任务完成度和知识改变程度都较低。

为了排除任务类型的影响,分别针对两个任务进行 Kruskal Wallis 检验,发现各组别之间知识改变程度的差异体现在评价型任务中。

表 5　以先验知识差异为自变量，任务类型为调节变量，交互行为相关变量的均值与方差分析结果

观测变量	先验知识差异（全部任务，不考虑任务差异）			任务类型					
				理解型任务			评价型任务		
	同低	异质	同高	同低	异质	同高	同低	异质	同高
任务时长(单位:)	944.50 (603.58)	989.18 (631.31)	1 317.75 (660.23)	1 414.25 (418.65)	1 470.00 (525.47)	1 799.13 (616.76)	474.75 (293.83)	508.38 (163.53)	836.38 (137.05)
F 值(p)		.83(.45)			.62(.56)			3.63(.07)	
人均检索式个数	3.88 (2.88)	4.06 (2.24)	4.69 (1.79)	6.13 (2.25)	5.88 (1.60)	5.88 (1.89)	1.63 (.85)	2.25 (.65)	3.50 (.41)
F 值(p)		.26(.77)			.06(.94)			8.33 (.01 **)	
检索式平均长度	6.67 (1.66)	6.51 (1.51)	6.70 (1.60)	7.34 (1.75)	6.95 (1.77)	7.41 (1.71)	6.00 (1.47)	6.07 (1.30)	5.98 (1.28)
F 值(p)		.03(.97)			.07(.93)			.00(1.00)	
人均查看内容界面个数	5.25 (3.34)	5.31 (3.06)	7.56 (4.37)	7.25 (3.23)	6.75 (2.57)	6.88 (4.85)	3.25 (2.22)	3.88 (1.89)	8.25 (4.44)
F 值(p)		1.05(.37)			.05(.96)			3.16(.09)	
查看每个内容界面平均时间(单位:)	43.48 (19.83)	27.77 (23.60)	42.39 (30.48)	55.96 (18.91)	40.51 (27.11)	62.85 (26.60)	31.01 (12.03)	15.04 (11.49)	21.92 (18.53)
F 值(p)		.98(.39)			.90(.44)			1.24(.33)	

注：*p<0.05　**p<0.01　***p<0.001。“同低”代指同质低水平组，“异质”代指异质组，“同高”代指同质高水平组。均值下括号内数字为标准差

表 6　以先验知识差异为自变量，搜索体验相关指标均值及 Kruskal Wallis 检验结果

观测变量	先验知识差异（全部任务，不考虑任务差异）			任务类型					
				理解型任务			评价型任务		
	同低	异质	同高	同低	异质	同高	同低	异质	同高
任务完成度	3.81(.59)	3.13(.69)	4.25(.60)	3.88(.63)	3.00(.41)	4.25(.65)	3.75(.65)	3.25(.96)	4.25(.65)
F 值(p)		8.25 *(.02)			6.49 *(.02)			2.60(.27)	
任务难度	2.69(.46)	2.94(.62)	2.75(.53)	3.00(.41)	3.25(.65)	3.00(.58)	2.38(.25)	2.63(.48)	2.50(.41)
F 值(p)		.76(.48)			4.53(.65)			1.84(.40)	
任务熟悉度	3.50(.38)	3.25(.85)	3.50(.60)	3.63(.25)	3.13(1.11)	3.38(.48)	3.38(.48)	3.38(.63)	3.63(.75)
F 值(p)		.36(.70)			.93(.43)			.96(.62)	
知识改变程度	2.44(.42)	3.00(.54)	3.31(.53)	2.63(.48)	3.38(.48)	3.38(.48)	2.25(.29)	2.63(.25)	3.25(.65)
F 值(p)		4.50 * (.02)			3.40(.08)			6.36 * (.04)	
搜索体验	10.84(2.44)	11.75(2.12)	13.03(3.01)	11.13(2.44)	12.33(2.26)	13.45(2.97)	10.55(2.77)	11.16(2.12)	12.62(3.44)
F 值(p)		2.60(.27)			.71(.51)			1.39(.50)	

注：*p<0.05　**p<0.01　***p<0.001。“同低”代指同质低水平组，“异质”代指异质组，“同高”代指同质高水平组。均值下括号内数字为标准差

4.3　先验知识水平差异对知识状态改变程度的影响

本研究从知识数量与知识质量两个维度评估协同搜索任务前后知识状态改变程度。

4.3.1　知识数量改变

在知识数量改变方面，本研究从深度与广度两个方面对协同搜索任务前后知识状态改变情况进行探讨。

在知识深度改变方面，本研究发现，无论在最大值扩展还是平均深度增加方面，协同搜索后各组成员的知识深度普遍增加。直观上看，同质高水平组在两项指标上的分数均低于其他两组。进一步对最大值变化的平均值、平均深度变化的平均值进行方差分析，发现先验知识水平差异不同的三个组别之间不存在显著差异。再以任务类型为调节变量，对交互行为相关的指标进行方差分析。发现在不同任务情境下均不存在显著差异。综上，先验知识差异对知识深度改变没有显著影响。

在知识广度改变方面，以思维导图节点综述增量为指标，协同搜索过程使得知识广度普遍增加。按照先验知识差异的组别对思维导图节后节点数量变化的

平均值进行方差分析。结果显示,在 0.05 的显著性水平下,各组别之间在知识广度改变程度方面存在显著差异见表 7。具体而言,同质低水平组增加节点总数大于同质高水平组。这可能与同质低水平初始知识欠缺、思维导图节点数较少,在搜索过后知识增益较大,而同质高水平组初始思维导图节点已经比较丰富有关。同时,异质组虽然有一名先验知识水平低的成员,但是整组知识广度增益与同质高水平组没有显著差异。

表 7　以先验知识差异为自变量,深度、广度增长相关指标的均值及方差分析

观测变量	先验知识差异(全部任务,不考虑任务差异)			任务类型					
				理解型任务			评价型任务		
	同低	异质	同高	同低	异质	同高	同低	异质	同高
知识状态最大值增量	1.19 (.66)	1.25 (.75)	.94 (.85)	1.13 (.74)	1.25 (.56)	1.00 (.61)	1.25 (.56)	1.25 (.90)	.88 (1.02)
F 值(p)		.34(.72)			.11(.89)			.19(.83)	
知识状态平均值增量	2.03 (1.96)	2.44 (1.42)	1.19 (1.51)	2.62 (2.46)	2.59 (.74)	2.59 (.74)	1.44 (0.96)	2.30 (1.86)	1.30 (1.63)
F 值(p)		2.44(.11)			3.07(.10)			.28(.76)	
思维导图节点总数增量	4.23 (.37)	3.05 (1.15)	2.16 (.50)	4.77 (.62)	3.28 (1.50)	3.28 (1.50)	3.17 (.96)	2.60 (.73)	2.16 (.50)
F 值(p)		5.66*(.03)			4.42*(.05)			3.44(.08)	

4.3.2　知识质量改变

在质量评估方面,本研究从知识相关性、用户观点、知识分析程度 3 个维度进行分析,结果如表 8 所示:

表 8　先验知识差异不同的三个组别任务前后知识质量的改变情况

观测变量	任务前			任务后			任务前后的增量		
	同低	异质	同高	同低	异质	同高	同低	异质	同高
知识相关性	4.75	4.75	10.00	17.25(3.86)	15.50(4.20	14.00(3.27)	12.00(5.16)	10.50(3.87)	5.25(2.22)
检验值(p)		$\chi^2=6.125$*(p=.05)			F=.73(p=.51)			F=3.236(p=.09)	
用户观点	5.88	5.88	7.75	7.88	4.50	7.13	9.13	4.75	5.63
检验值(p)		$\chi^2=.818$(p=.66)			$\chi^2=2.09$(p=.35)			$\chi^2=3.83$(p=.15)	
知识分析程度	5.38	5.38	8.75	3.75(2.87)	4.50(3.70)	3.63(2.81)	3.50(3.00)	4.13(3.47)	2.56(2.13)
检验值(p)		$\chi^2=3.04$(p=.22)			F=.09(p=.92)			F=.290(p=.76)	

注:正态分布数据使用方差分析,呈现均值及括号中的标准差;非正态分布使用 Kruskal-Wallis 检验,呈现秩均值

首先,搜索后三组思维导图质量都得到了提升。t 检验的结果显示,同质低水平组在任务后绘制的思维导图在知识相关性(t=4.65,p=.02)与用户观点(t=4.70,p=.02)相较于任务前都得到了显著的提升,在知识分析程度方面没有明显变化。异质组在搜索后知识相关性得到了显著提升(t=5.42,p=.01)。对于同质高水平组而言,知识相关性(t=4.735,p=.02)与用户观点(t=5.00,p=.02)在任务后都得到了显著的提升。

其次,对比三个组别,在搜索任务前,Kruskal-Wallis 检验的结果显示同质高水平组在知识相关性维度上得分显著高于异质组与同质低水平组(2 =6.125,p =.05);但是在搜索任务之后,三个组别之间不存在显著差异。

最后,对于任务前后的增量,从数值上看,同质低水平组在知识相关性和用户观点两个维度上得分高于同质高水平组与异质组。本研究没有发现三个组别在知识相关性、用户观点、知识分析程度方面统计学意义上的显著差异。

5　讨论

本研究通过仿真任务设计了小组协同搜索情境,在招募参与者时按照先验知识水平差异进行分组,关注协作环境下的搜索行为、搜索体验及学习效果,并试图为现实情境下的协同分组与相应的搜索系统优化提供建议。

首先,本研究发现在协同搜索交互行为方面,先验知识差异对检索式数量有显著影响。具体而言,拥有先验知识水平较高的协作者所在的小组(包括同质高水平组与异质组)使用检索式数量显著高于同质低水

平组。同时,先验知识水平高者除了使用任务描述中的词语作为检索词外,还常使用更专业、具体的检索词;相较而言,由于缺乏基础知识,先验知识水平较低的用户一般只在任务描述中选取概括性的关键词作为检索式,检索式较为单一且数量不多。

其次,本研究发现先验知识差异不同的三个组别在协同搜索过程中体现出各自的特点。

对于异质组而言,在协同体验、任务完成度与知识改变程度的自评都显著低于其他两组;同时异质组在知识状态改变程度方面,知识数量的广度增长要低于同质低水平组。可能的原因在于,异质组组内二人先验知识水平存在较大差异,协作体验较差,对自身任务完成不满意,协作体验进一步影响到了搜索与学习的效果,从而导致知识状态也没有发生很大的改变。

对于同质高水平组而言,在协同搜索任务前,他们在知识相关性方面有明显的优势,但是在任务结束之后,他们在思维导图质量上的优势却不复存在,且在知识数量增长上显著低于同质低水平组。可能是由于无论先验知识高低,搜索者都可以依靠搜索系统获取新知识,在一定程度上弥补了成员先验知识不足的局限性。但是从搜索效果的自评度来看,同质高水平组对任务完成度的自评显著高于异质组,对知识改变程度的自评显著高于其他两组。可能是因为同质高水平组两位协作者都有一定的知识基础且知识水平接近,协作过程中沟通与决策比较顺利,因此对任务完成度有较高的自评。另外,同质高水平组两位协作者在搜索与协作过程中可能更容易将获取到的新知识与自身知识结构相结合,从而促使已有知识结构的改变。从研究结果也可以看出,同质高水平组对知识状态改变的感知主要体现在评价型任务中,组内二人先验知识的储备可能更多集中于“记忆”或“理解”的层次,评价型任务使他们对已有知识与新获取的知识进行更深刻的反思与评判,知识状态深度上改变使他们感受到自身知识状态发生了较大改变。

同质低水平组在知识数量的广度增长显著高于另外两组,他们对任务完成度的自评也较高,但对其知识改变程度的自评却较低。这种反差可能是由于同质低水平组在搜索前知识储备少,通过搜索信息能够较快地在思维导图上增添节点,知识面得到扩充。但是学习并不仅仅是信息的积累,还有对知识的理解和吸收,仅通过短暂的搜索可能难以使用户在自己不熟悉的领域有较深刻的认识和理解,因此同质低水平组认为自身知识改变程度比较低。但由于组内两人知识水平接近,沟通较为顺畅,思维导图节点的增改比较容易达成共识,因此对自身任务完成的满意度较高。

针对协同搜索中组内成员对协作成果贡献的差异的测量,本研究提出了“协作贡献率差值”这一指标。虽然本研究并未发现先验知识差异对协作贡献率差值产生显著影响,但是未来的研究可以关注依据其他因素,如参与者性格、亲密度或搜索能力差异等,进一步验证哪些变量会影响组员协同搜索的贡献度差异。

总结而言,本研究发现搜索者知识状态的外显改变程度与协作者自我感知到的知识状态改变程度可能不一致。同质高水平组知识广度增长最少,但是搜索者认为自身知识状态有了较大改变;同质低水平组知识数量上广度增加最多,质量上也变得更好,但是搜索者却认为自身知识状态改变小。这个结果给笔者两方面的启示:一是在学习型搜索中应如何测量用户的知识水平改变程度?虽然通过绘制思维导图的方式能够让内隐知识外显,但可能无法体现用户自我感知,及其对所获得的信息的理解和内化。因此,未来的研究还需要深入探讨用户自我感知与客观知识状态改变之间的差异。另一方面,也不能完全依赖用户的自评,还需要进一步考虑协作者的自我认知的偏差带来的影响。

6 结论与展望

本研究通过用户实验法,探究了先验知识差异水平不同的组别在交互行为、协同体验以及知识状态改变方面的差异。研究主要发现先验知识差异对协同搜索的影响主要体现在协作和学习两个方面。在协作方面,本研究发现在协同搜索任务中,协作者之间的先验知识差异主要影响到协同搜索体验,具体而言同质分组由于协作者之间知识水平接近、沟通顺畅,协同搜索的体验感较好。在学习方面,一方面,先验知识水平会影响搜索行为,先验知识水平较高者在搜索时会利用更丰富、更专业而具体的检索式,有利于更快速、准确地获取所需信息;另一方面,先验知识水平的差异经过搜索得到了一定的缩小,说明在既定任务之下,通过协同搜索在一定程度上可以促进学习以弥补先验知识水平的不足。

基于研究发现,为协同信息搜索中的分组与搜索系统改进提出如下建议:

在协同搜索前进行分组时,“异质分组”可能并不能让先验知识水平高的组员充分发挥传帮带的作用,因为二者知识水平的差异可能会成为协作的阻碍。将先验知识水平相近的学生分在一个小组内,更有利于

成员间的交流,以达成更好的协作体验。

在协同搜索过程中,先验知识水平较高者的检索词可作为系统推荐关键词的重要依据。一方面,可以直接重用先验知识水平较高者的检索词作为推荐检索词,帮助先验知识水平低的用户确定检索词;另外,可以依据小组成员使用的检索词,将检索词的子概念作为推荐检索词,以帮助先验知识水平较低的用户更深入具体地对目标进行搜索。

对于先验知识水平不同的学习者要给予不同的帮助。对于先验知识水平较高的学习者,可以通过布置分析、评价、创造等高认知层次的任务,促使学习者对已有的基础性知识的反思。

本研究也存在一定的研究局限:在测量知识状态改变的过程中,本研究均以小组为单位,在进一步的研究中可以更细致地考察个体知识状态的改变。在研究中虽然对实验全程进行了录屏与录音,但仅对参与者的交互行为、协同体验数据进行了分析。以往的研究对于协同信息搜索中的背景数据,如参与者的聊天内容,进行了分析[34]。在之后的研究中,同样可以利用这些情境数据,对协作信息搜索的过程进行更具体的分析。

参考文献:

[1] MARCHIONINI G. Search, sense making and learning: closing gaps[J]. Information and learning sciences,2019,120(1/2):74-86.

[2] RIEH S Y, COLLINS K, HANSEN P, et al. Towards searching as a learning process: a review of current perspectives and future directions[J]. Journal of information science, 2016, 42(1): 19-34.

[3] BILAL D. Children's use of the Yahooligans! Web search engine: I. cognitive, physical, and affective behaviors on fact-based search tasks[J]. Journal of the Association for Information Science & Technology,2010,51(7):646-665.

[4] YIN C, SUNG H Y, HWANG G J, et al. Learning by searching: a learning environment that provides searching and analysis facilities for supporting trend analysis activities[J]. Journal of educational technology & society,2013,16(3):286-300.

[5] XU L, ZHOU X, GADIRAJU U. How does team composition affect knowledge gain of users in collaborative web search? [C]// Proceedings of the 31st ACM conference on hypertext and social media. New York: ACM,2020:91-100.

[6] MORRIS M R, TEEVAN J. Collaborative web search: who, what, where, when, and why[M/OL]. [2021-11-15]. https://doi.org/10.2200/S00230ED1V01Y200912ICR014.

[7] 张璐,张鹏翼,刘畅.协同搜索过程中用户交流内容与模式研究[J].图书情报知识,2020(3):51-62.

[8] 邱瑾,吴丹.协同信息检索行为中的情感研究[J].图书与情报,2013(2):105-110.

[9] 张璐,刘畅,张鹏翼.协同搜索与独立搜索的行为与体验的比较研究[J].图书情报工作,2018,62(21):62-70.

[10] GHOSH S, RATH M, SHAH C. Searching as learning: exploring search behavior and learning outcomes in learning-related tasks[C]// Proceedings of the 2018 conference on human information interaction & retrieval. New York: ACM,2018:22-31.

[11] 刘畅,宋筱璇,杨子傲.用户信息搜索中的学习行为及过程探究[J].大学图书馆学报,2019,37(4):36-45.

[12] 刘涵蕊,刘畅.认知风格与话题熟悉度对学习型任务下搜索交互行为的影响研究[J].情报理论与实践,2018,41(4):56-62.

[13] 韩爽,沈秀丽,闫智.将搜索作为一个学习过程:一种学习型搜索的观点和方向[J].图书馆理论与实践,2019(1):70-73,83.

[14] POLTROCK S, GRUDIN J, DUMAIS S, et al. Information seeking and sharing in design teams[C]//Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on supporting group work. New York: ACM,2003:239-247.

[15] YUE Z, HAN S, HE D. An investigation of search processes in collaborative exploratory Web search[J]. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 2012, 49(1):1-4.

[16] YUE Z, HAN S, HE D. An investigation of the query behavior in task-based collaborative exploratory Web search[J]. Proceedings of the American Society for Information Science and Technology, 2013,50(1):1-10.

[17] LEEDER C, SHAH C. Library research as collaborative information seeking[J]. Library and Information Science Research,2016, 38(3):202-211.

[18] 张敏,车雨霏,张艳.差异化任务情境下用户在线旅游协同信息检索的行为特征分析[J].情报理论与实践,2019,42(10):84-90.

[19] LEEDER C, SHAN C. Collaborative information seeking in student group projects[J]. Aslib journal of information management,2016, 68(5):526-544.

[20] LIU J, BELKIN N J, ZHANG X, et al. Examining users' knowledge change in the task completion process[J]. Information processing and management,2013,49(5):1058-1074.

[21] BHATTACHARYA N, GWIZDKA J. Measuring learning during search: differences in interactions, eye-gaze, and semantic similarity to expert knowledge[C]//Proceedings of the 2019 conference on human information interaction and retrieval. New York: ACM,2019:63-71.

[22] 宋筱璇,刘畅.搜索前后用户知识水平的评估及其变化情况分析[J].图书情报工作,2018,62(2):108-116.

[23] LIU H, LIU C, BELKIN N J. Investigation of users' knowledge change process in learning-related search tasks[J]. Proceedings of the Association for Information Science and Technology,2019,56(1):166-175.

[24] LIU C, SONG X, LIU H, et al. Modeling knowledge change be-

haviors in Learning-related Tasks[EB/OL]. [2021 –11 –15]. http://ceur-ws.org/Vol-2699/paper18.pdf.
[25] GADIRAJU U, YU R, DIETZE S, et al. Analyzing knowledge gain of users in informational search sessions on the Web[C]//Proceedings of the 2018 conference on human information interaction & retrieval. New York: ACM,2018:2 –11.
[26] 韩正彪,郭靖怡,潘培培,等. 基于认知分类的大学生网络健康信息搜索的学习效果研究[J]. 图书情报知识,2020(4):19 –31.
[27] COLLINS K, RIEH S Y, HAYNES C C, et al. Assessing learning outcomes in Web search: a comparison of tasks and query strategies[C]//Proceedings of the 2016 ACM on conference on human information interaction and retrieval. New York: ACM,2016:163 –172.
[28] ANDERSON L W, LORIN W, KRATHWOHL, et al. A taxonomy for learning, teaching, and assessing[J]. European legacy,2001, 114(458):1013 –1014.
[29] BORLUND P, INGWERSEN P. The development of a method for the evaluation of interactive information retrieval systems[J]. The journal of documentation, 1997, 53(3): 225 –250.
[30] 李月琳,肖雪,胡蝶. 信息检索实验中的任务设计——真实与模拟仿真工作任务的比较研究[J]. 图书情报工作,2014,58(16):5 –12.
[31] 刘吉林,王坦. 合作学习的基本理念(一)[J]. 人民教育,2004(1):26 –27.
[32] 王坦. 论合作学习的基本理念[J]. 教育研究,2002(2):68 –72.
[33] LAW E L C, ROTO V, HASSENZAHL M, et al. Understanding, scoping and defining user experience[C]//Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems. New York:ACM,2009:719 –728.
[34] HAN S, HE D, YUE Z, et al. Contextual support for collaborative information retrieval[C]//Proceedings of the 2016 ACM on conference on human information interaction and retrieval. New York: ACM,2016:33 –42.

作者贡献说明：

姜雪：负责研究结果、讨论、结论与展望部分撰写，辅助研究方法撰写；

李雨佳：负责概述、研究方法、研究结果部分撰写，辅助讨论部分撰写；

张元哲：负责文献回顾、研究结果部分撰写，辅助讨论部分、研究方法部分撰写；

刘畅：论文思路指导，论文修改。

Research on the Effect of Prior Knowledge Differences on Collaborative Information Search and Learning

Jiang Xue Li Yujia Zhang Yuanzhe Liu Chang
Department of Information Management, Peking University, Beijing 100871

Abstract: [**Purpose/Significance**] This study explores the differences in search interaction behaviors, collaborative experience and learning effect among groups with different levels of prior knowledge differences, so as to enrich the cognition of collaborative information search behaviors and provide suggestions for collaborative search learning in real situations. [**Method/Process**] The user experiment method was adopted to design two search tasks of comprehension and evaluation. Interactive behaviors were recorded by screen recording, the collaborative experience data was collected by combining questionnaires, and state and changes of knowledge before and after collaborative search were recorded by mind mapping. Statistical test methods such as variance analysis were used to analyze the effect of the data. [**Result/Conclusion**] The research finds: In terms of search interaction behaviors, the groups with higher prior knowledge level used more search terms than the groups with lower prior knowledge level; In terms of collaborative search experience, groups with similar prior knowledge level have higher evaluation on their own task completion; In terms of knowledge status changes, the knowledge breadth of the homogenous low level groups increase significantly more than that of the other two groups, but in terms of quality, there is little difference between the groups after search. In the end, this study puts forward some suggestions on how to improve users' collaborative search experience and learning effect about the search system.

Keywords: collaborative information search knowledge state change learning-related search